

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: **Энергетический**
Специальность: **130301 Теплоэнергетика и теплотехника**
Кафедра: **Атомных и тепловых электростанций**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы				
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОДОГРЕВА ВОДЫ В ПОДОГРЕВАТЕЛЯХ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИЙ ТУРБИНЫ Р-50-130				

УДК 662.94:532

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Чередник Илья Валерьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры атомных и тепловых электростанций	Маслов Евгений Анатольевич	к.ф.-м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Попова С.Н.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Гусельников М.Э.	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры атомных и тепловых электростанций	Вагнер М.А.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
атомных и тепловых электростанций	Матвеев А.С.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код резу- ль- тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как

	средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН
А.С. Матвеев

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Чередник Илья Валерьевич

Тема работы:

Выбор оптимальных значений подогрева воды в подогревателях системы регенераций турбины Р-50-130
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	12 июня 2016 года
--	--------------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Целью работы является определение оптимального значения давления отбора при установке дополнительного регенеративного подогревателя на турбину противодавленческого типа Р-50-130. Объектом исследования в работе является паротурбинная установка(ПТУ) с турбиной Р-50-130.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Описание рассматриваемой задачи 2. Теоретическое описание рассматриваемой задачи 3. Постановка задачи 4. Математическая постановка задачи 5. Построение процесса на H, S – диаграмме 6. Решение уравнений теплового и материального балансов 7. Метод решения 8. Расчет термического КПД исходной пту 9. Численный анализ решения задачи определения оптимального давления отбора 10. Заключение
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Попова С.Н., доцент кафедры менеджмента
Социальная ответственность	Гусельников М.Э., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30 декабря 2015 года
--	------------------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры атомных и тепловых электростанций	Маслов Евгений Анатольевич	к.ф.-м.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Чередник Илья Валерьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б1В	Чередник Илья Валерьевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость затрат проведения НИР: на специальное оборудование, зарплаты, страховые отчисления, прочие и накладные расходы</i>	Затраты на специальное оборудование определяются согласно стоимости оборудования по прейскурантам или по договорной цене. Заработная плата рассчитывается исходя из тарифной ставки и коэффициентов, зависящих от различных условий: организация, регион. Страховые отчисления определяются согласно Федеральному закону от 24.07.2009 №212-ФЗ Прочие и накладные расходы определяются исходя из суммы остальных статей расходов.
2. <i>Продолжительность выполнения НИР</i>	Приблизительная оценка продолжительности выполнения НИР составляет 53 календарных дней

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка потенциала и перспективности реализации НИР с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка потенциала и перспективности реализации НИР можно оценить с помощью SWOT-анализа и интегральной оценки ресурсоэффективности.
2. <i>Планирование и формирование графика работ по реализации НИР</i>	Для составления графика НИР используется оценка трудоемкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным строится сетевой график проведения работы, помогающий лучше спланировать выполнение НИР.
3. <i>Формирование сметы</i>	В процессе формирования сметы НИР используется следующая группировка затрат по статьям: - материальные затраты ТП; - полная заработная плата исполнителей; - накладные расходы.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Чередник Илья Валерьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Чередник Илья Валерьевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Компьютерный класс и лаборатория, где проводятся теоретические исследования</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	<i>Возможные вредные производственные факторы:</i> - недостаточное освещение - не соответствие параметров микроклимата нормативам - повышенный уровень шума <i>Возможные опасные производственные факторы:</i> - электрический ток - вероятность возникновения пожара
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	<i>Возможное влияние проводимых работ на состояние окружающей среды</i>

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	<i>Анализ возможных ЧС и способы снижения их последствий</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<i>Требования к организации рабочего места и персоналу</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата

Оглавление

РЕФЕРАТ	11
ВВЕДЕНИЕ.....	12
1. ОПИСАНИЕ РАССМАТРИВАЕМОЙ ЗАДАЧИ	13
1.1 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАССМАТРИВАЕМОЙ СХЕМЫ.....	13
1.2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	14
1.3 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	14
1.4 ПОСТРОЕНИЕ ПРОЦЕССА НА H , S – ДИАГРАММЕ.....	17
1.5 РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ТЕПЛОВОГО И МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСОВ	17
1.6 МЕТОД РЕШЕНИЯ	18
1.7 РАСЧЕТ ТЕРМИЧЕСКОГО КПД ИСХОДНОЙ ПТУ	22
2. ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ОТБОРА.....	25
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	26
3.1 SWOT-АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТА В РАМКАХ НИР	26
3.2 ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИДОВ ПВД.....	29
3.3 КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ НИР.....	32
3.4 СОСТАВЛЕНИЕ СМЕТЫ ВКР	34
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	36
4.1 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	37
4.1.1. ОСВЕЩЕНИЕ.....	37
4.1.2. РАСЧЁТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	37
4.1.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ	40
4.1.4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ САНИТАРНЫХ НОРМ ПО УРОВНЮ ШУМОВ	41
4.1.5. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. МЕРОПРИЯТИЯ ПО УСТРАНЕНИЮ ОПАСНОСТЕЙ И ВРЕДНОСТЕЙ.....	42
4.1.6. АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И РАЗРАБОТКА ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	42
4.2 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	43
4.3 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	44
4.4 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	44

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	46
ПРИЛОЖЕНИЕ А	47

Реферат

Бакалаврская работа 51 с., 9 рисунков, 12 таблиц, 10 источников.

Ключевые слова: оптимизация, давление, методы оптимизации, отбор пара, система регенерации.

Объектом исследования является паротурбинная установка (ПТУ) с турбиной Р-50-130 .

Цель работы – найти оптимальное давление отбора, при котором будет получено максимальное значение термического КПД ПТУ.

В результате работы была исследована схема исходной ПТУ, а также составлена схема ПТУ с дополнительным поверхностным подогревателем высокого давления. Также были составлены и решены уравнения материального и теплового баланса для каждой схемы, на языке Delphi. Были построены таблицы и графики по полученным результатам, написаны выводы по каждому результату.

Степень внедрения: может быть использован при модернизации турбины.

В проекте разработаны вопросы финансового менеджмента, охраны окружающей среды, охраны труда.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010.

Введение

Неуклонное повышение технического уровня ТЭЦ на базе применения энергетического оборудования с высокими технико-экономическими показателями, совершенствование проектных решений, направленных на снижение стоимости и сокращение сроков строительства – один из факторов дальнейшего роста эффективности отечественной теплоэнергетики.

Целью данного исследования является определение оптимального значения давления отбора при установке дополнительного регенеративного подогревателя на турбину противодавленческого типа Р-50-130.

Так же рассматривается влияние противодавления турбины на термический КПД. В связи с резким сокращением потребления технологического пара, недостатка генерирующих мощностей и необходимости обеспечения теплофикационной нагрузки встает вопрос о переводе турбины противодавления Р-50-130 на пониженное противодавление с выработкой максимально возможной электрической мощности. Такая реконструкция может быть реализована на ТЭЦ в связи с уменьшением потребления пара основным промышленным потребителем и для ликвидации дефицита пара на теплофикацию.

1. Описание рассматриваемой задачи

1.1 Теоретическое описание рассматриваемой схемы.

На всех современных ТЭЦ работа, превращаемая в электроэнергию, и отпускаемая потребителям теплота производится в паровых турбинах. Параметры пара, поступающего на турбину, находятся в прямой зависимости от параметров теплоносителя. В работе рассматривается задача нахождения оптимального давления в отборе пара для ТЭЦ, где в качестве целевой функции – максимальное значение термического КПД. Задача одномерной оптимизации решалась при заданных значениях основных параметров: начальное давление пара P_0 , начальная температура пара t_0 , давление отработавшего пара P_k , давление в деаэраторе P_d , давление в отборах P_1, P_3, P_4 .

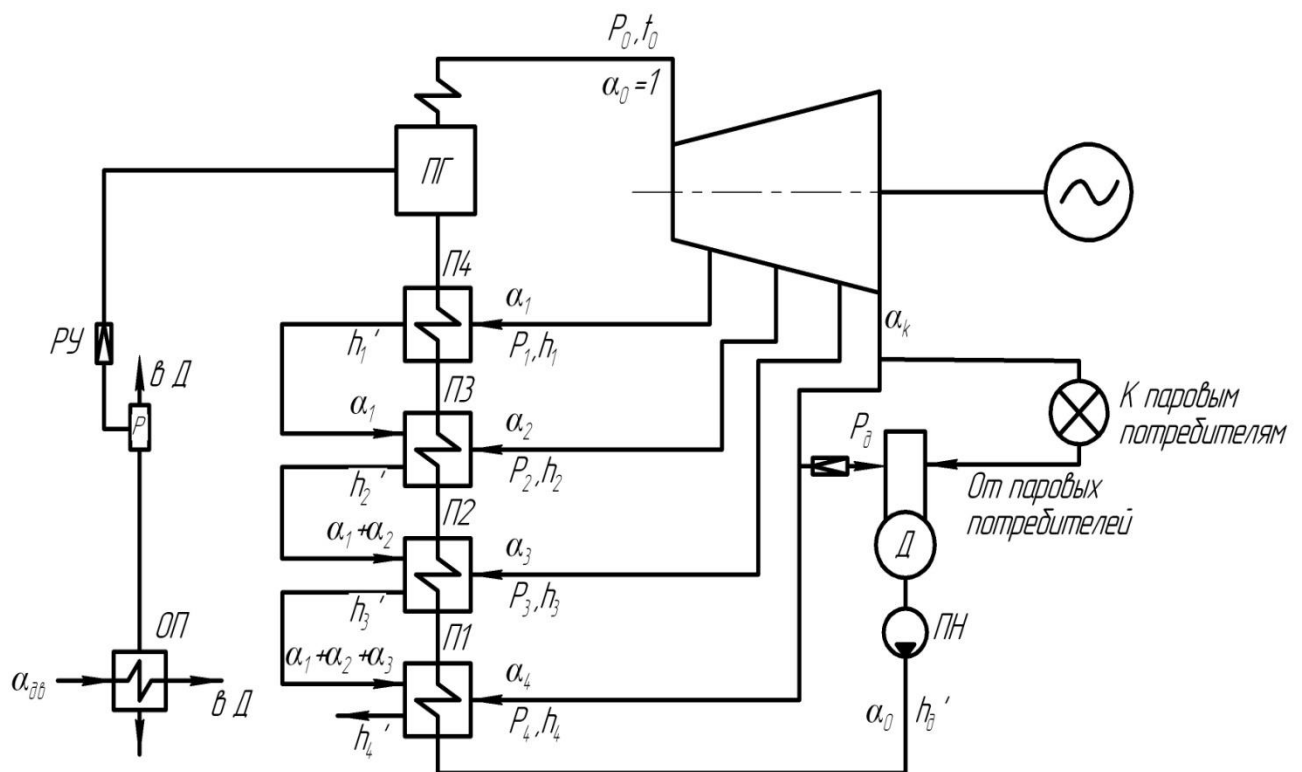


Рисунок 1 – Принципиальная схема ПТУ

При нахождении оптимального значения P_2 пренебрегали гидравлическими потерями, связанными с трением о поверхность каналов и

тепловыми потерями при транспортировке пара и воды, а также работой насоса питательной воды.

1.2 Постановка задачи

Начальные параметры пара: давление	$P_0 = 12,75 \text{ МПа}$
температура	$t_0 = 565 \text{ °C}$
Конечное давление	$P_k = 1,3 \text{ МПа}$
Давление в деаэраторе	$P_d = 0,7 \text{ МПа}$
Давление отборов:	
I	$P_1 = 3,8 \text{ МПа}$
III	$P_3 = 2,25 \text{ МПа}$
IV	$P_4 = 1,3 \text{ МПа}$

1.3 Математическая постановка задачи

Математическая описание процесса расширения пара в турбине в h-S диаграмме включает систему следующих уравнений определения термодинамических параметров п. 1.3.1 – 1.3.15, уравнения теплового и материального балансов п. 1.3.16 – 1.3.20 для схемы изображенной на рис. 1, а также целевая функция – термический КПД от оптимизируемого параметра P_2 п. 1.3.21.

1.3.1 Начальное приближение давление в отборе 2:

$$P_2^0 = \frac{1}{2} \cdot (P_0 + P_k) = \frac{1}{2} \cdot (12,75 - 1,3) = 5,725 \text{ МПа}.$$

1.3.2 Энтальпия и энтропия пара перед стопорным клапаном турбины:

$$h_0 = f(P_0, t_0) = 3513 \text{ кДж/кг},$$

$$s_0 = f(P_0, t_0) = 6,6671 \text{ кДж/кг} \cdot \text{°C}.$$

1.3.3 Теоретическая энтальпия первого отбора пара:

$$h_{1t} = f(P_1, s_0) = 3131,6 \text{ кДж/кг}.$$

1.3.4 Энтальпия кипящей воды слива дренажа П4:

$$h'_1 = f(P_1) = 1072,8 \text{ кДж/кг.}$$

1.3.5 Теоретическая энтальпия второго отбора пара:

$$h_{2t} = f(P_2, s_0) = 3070,5 \text{ кДж/кг.}$$

1.3.6 Энтальпия кипящей воды слива дренажа П3:

$$h'_2 = f(P_2) = 1010,6 \text{ кДж/кг.}$$

1.3.7 Теоретическая энтальпия третьего отбора пара:

$$h_{3t} = f(P_3, s_0) = 2995,7 \text{ кДж/кг.}$$

1.3.8 Энтальпия кипящей воды слива дренажа П2:

$$h'_3 = f(P_3) = 936,3 \text{ кДж/кг.}$$

1.3.9 Энтальпия теоретического расширения пара на выходе из турбины:

$$h_{kt} = h_{4t} = f(P_k, s_0) = 2869,8 \text{ кДж/кг.}$$

1.3.10 Энтальпия кипящей воды слива дренажа П1:

$$h'_4 = f(P_k) = 814,8 \text{ кДж/кг.}$$

1.3.11 Энтальпия воды после деаэратора:

$$h'_d = f(P_d) = 697,1 \text{ кДж/кг.}$$

1.3.12 Температура насыщения при давлении в деаэраторе:

$$t'_d = f(P_d) = 165 \text{ }^\circ\text{C.}$$

1.3.13 Температура насыщения в подогревателях:

$$t_s^{n1} = f(P_4) = 191,6 \text{ }^\circ\text{C;}$$

$$t_s^{n2} = f(P_3) = 218,4 \text{ }^\circ\text{C;}$$

$$t_s^{n3} = f(P_2) = 234,3 \text{ }^\circ\text{C;}$$

$$t_s^{n4} = f(P_1) = 247,3 \text{ }^\circ\text{C.}$$

1.3.14 Температура за подогревателями:

$$t_{n1} = t_s^{n1} - \theta = 191,6 - 4 = 187,6 \text{ }^\circ\text{C;}$$

$$t_{n2} = t_s^{n2} - \theta = 218,4 - 4 = 214,4 \text{ }^\circ\text{C;}$$

$$t_{n3} = t_s^{n3} - \theta = 234,3 - 4 = 230,3 \text{ }^\circ\text{C;}$$

$$t_{n4} = t_s^{n4} - \theta = 247,3 - 4 = 243,3 \text{ }^\circ\text{C.}$$

1.3.15 Энтальпии нагреваемой среды после каждого подогревателя:

$$h_{п1} = f(P_0, t_{п1}) = 802,5 \text{ кДж/кг};$$

$$h_{п2} = f(P_0, t_{п2}) = 921,5 \text{ кДж/кг};$$

$$h_{п3} = f(P_0, t_{п3}) = 993,9 \text{ кДж/кг};$$

$$h_{п4} = h_{пв} = f(P_0, t_{п4}) = 1054,4 \text{ кДж/кг}.$$

1.3.16 Уравнение теплового баланса для регенеративного подогревателя

П4:

$$\alpha_1 \cdot (h_{1t} - h'_1) = \alpha_0 \cdot (h_{пв} - h_{п3}),$$

1.3.17 Уравнение теплового баланса для регенеративного подогревателя

П3:

$$\alpha_2 \cdot (h_{2t} - h'_2) + \alpha_1 \cdot (h'_1 - h'_2) = \alpha_0 \cdot (h_{п3} - h_{п2}).$$

1.3.18 Уравнение теплового баланса для регенеративного подогревателя

П2:

$$\alpha_3 \cdot (h_{3t} - h'_3) + (\alpha_2 + \alpha_1) \cdot (h'_2 - h'_3) = \alpha_0 \cdot (h_{п2} - h_{п1}).$$

1.3.19 Уравнение теплового баланса для регенеративного подогревателя

П1:

$$\alpha_4 \cdot (h_{4t} - h'_4) + (\alpha_3 + \alpha_2 + \alpha_1) \cdot (h'_3 - h'_4) = \alpha_0 \cdot (h_{п1} - h'_д).$$

1.3.20 Относительный расход пара на выходе из турбины:

$$\alpha_k = \alpha_0 - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3.$$

1.3.21 Уравнение целевой функции – термического КПД:

$$\eta_t(P_2) = \frac{\alpha_k(h_0 - h_{kt}) + \alpha_1(h_0 - h_{1t}) + \alpha_2(h_0 - h_{2t}) + \alpha_3(h_0 - h_{3t})}{\alpha_0(h_0 - h_{пв})}.$$

1.4 Построение процесса на h, s – диаграмме

Процесс расширения пара в турбине представлен на h-S диаграмме (см. рис. 2)

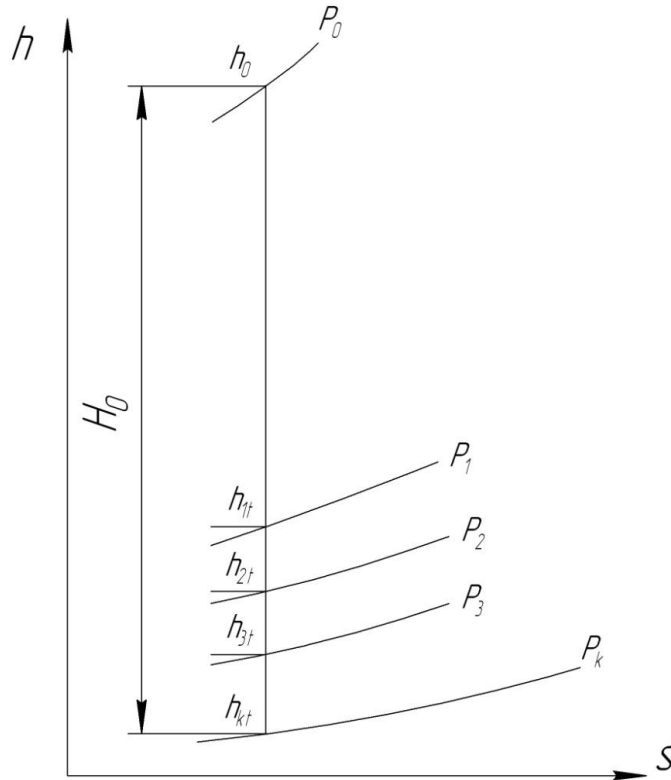


Рисунок 2 – Теоретический процесс расширения пара в турбине

1.5 Решение уравнений теплового и материального балансов

Решение уравнений теплового и материального балансов будем осуществлять методом простой итерации.

1.5.1 Выразим из уравнения теплового баланса П4 неизвестное значение

α_1 :

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0 \cdot (h_{пв} - h_{п3})}{(h_{1t} - h'_1)} = \frac{1 \cdot (1054,4 - 993,9)}{(3131,6 - 1072,8)} = 0,0294.$$

1.5.2 Выразим из уравнения теплового баланса П3 неизвестное значение

α_2 :

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_0 \cdot (h_{п3} - h_{п2}) - \alpha_1 \cdot (h'_1 - h'_2)}{(h_{2t} - h'_2)} =$$

$$= \frac{1 \cdot (993,9 - 921,5) - 0,0294 \cdot (1072,8 - 1010,6)}{(3070,5 - 1010,6)} = 0,0342.$$

1.5.3 Выразим из уравнения теплового баланса П2 неизвестное значение

α_3 :

$$\begin{aligned} \alpha_3 &= \frac{\alpha_0 \cdot (h_{п2} - h_{п1}) - (\alpha_2 + \alpha_1) \cdot (h'_2 - h'_3)}{(h_{3t} - h'_3)} = \\ &= \frac{1 \cdot (921,5 - 802,5) - (0,0342 + 0,0294) \cdot (1010,6 - 936,3)}{(2995,7 - 936,3)} = 0,0555. \end{aligned}$$

1.5.4 Выразим из уравнения теплового баланса П1 неизвестное значение

α_4 :

$$\begin{aligned} \alpha_4 &= \frac{\alpha_0 \cdot (h_{п1} - h'_д) - (\alpha_3 + \alpha_2 + \alpha_1) \cdot (h'_3 - h'_4)}{(h_{4t} - h'_4)} = \\ &= \frac{1 \cdot (802,5 - 697,1) - (0,0555 + 0,0342 + 0,0294) \cdot (936,3 - 814,8)}{(2869,8 - 814,8)} = \\ &= 0,0442. \end{aligned}$$

1.5.5 Относительный расход пара на выходе из турбины:

$$\alpha_k = \alpha_0 - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3 = 1 - 0,0362 - 0,0270 - 0,0560 - 0,0442 = 0,881.$$

1.6 Метод решения

Решение задачи одномерной оптимизации для системы уравнений п. 1.3.1 – 1.3.15, п. 1.3.16 – 1.3.20 для схемы, представленной на рис. 1, осуществляется методом дихотомии [1], блок схема алгоритма решения представлена на рис. 3 – 5.

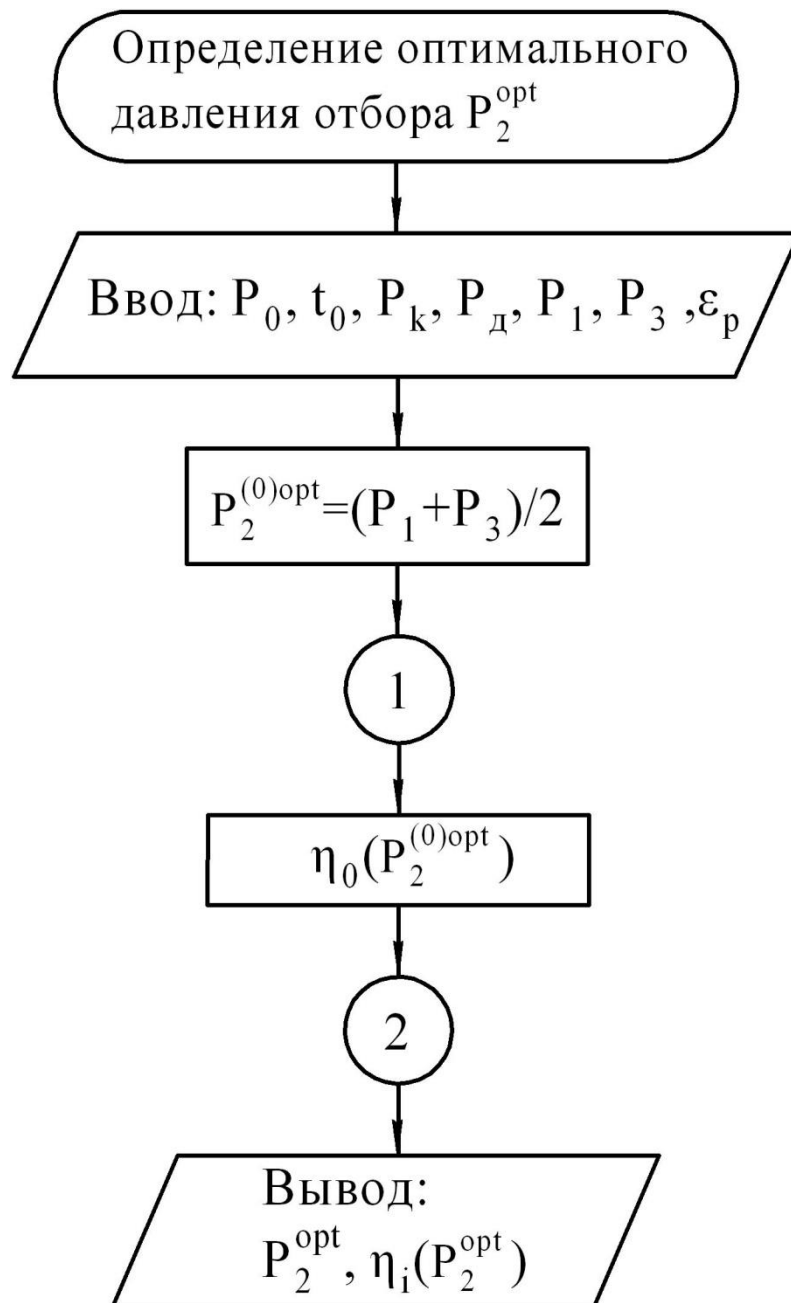


Рисунок 3 - Алгоритм численного метода решения поставленной задачи

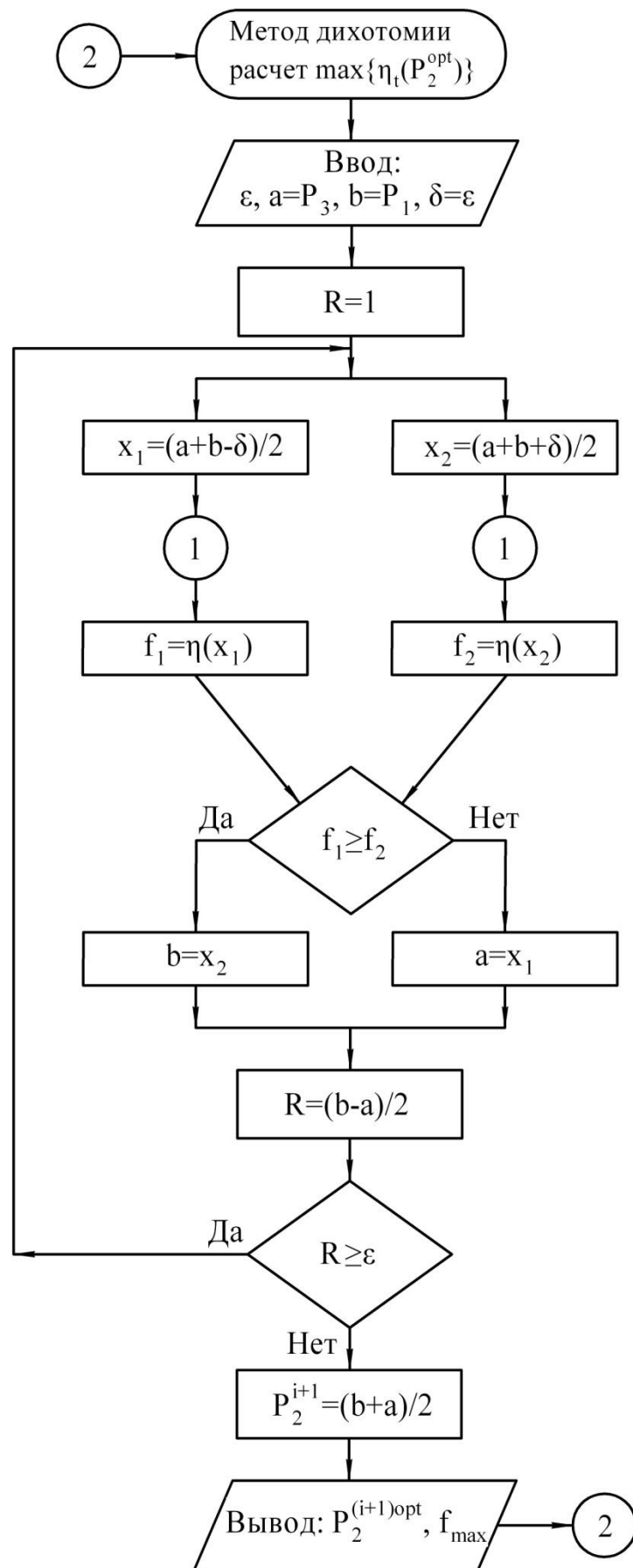


Рисунок 4 - Блок схема метода дихотомии поиска оптимального значения P_2

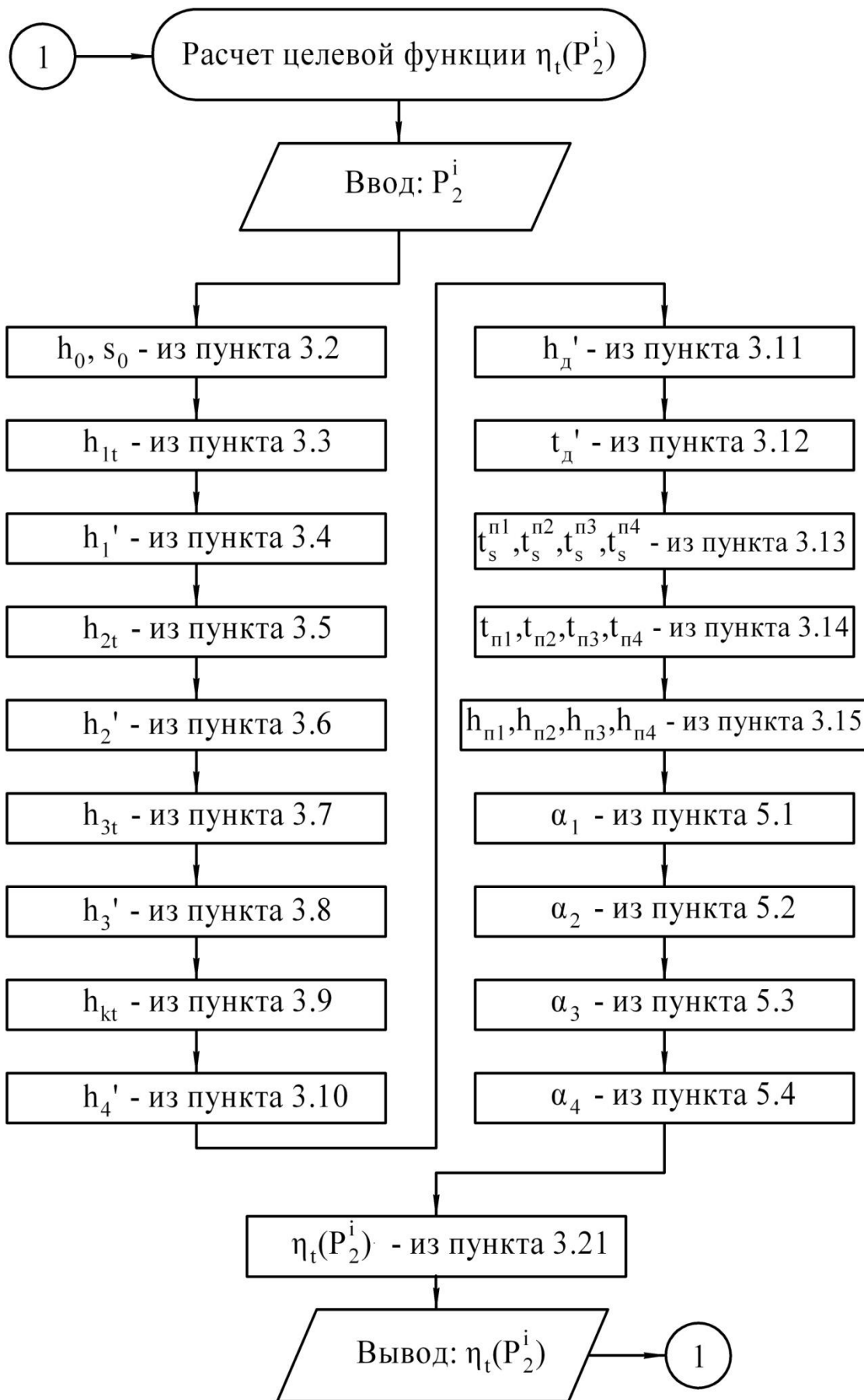


Рисунок 5 - Блок схема расчета математической модели п. 1.3.1 – 1.3.21

1.7 Расчет термического КПД исходной ПТУ

Для сравнительного анализа термического КПД исходной ПТУ и ПТУ с дополнительным регенеративным подогревателем проведем расчет термического КПД исходной ПТУ.

Принципиальная схема исходной ПТУ представлена на рис. 6.

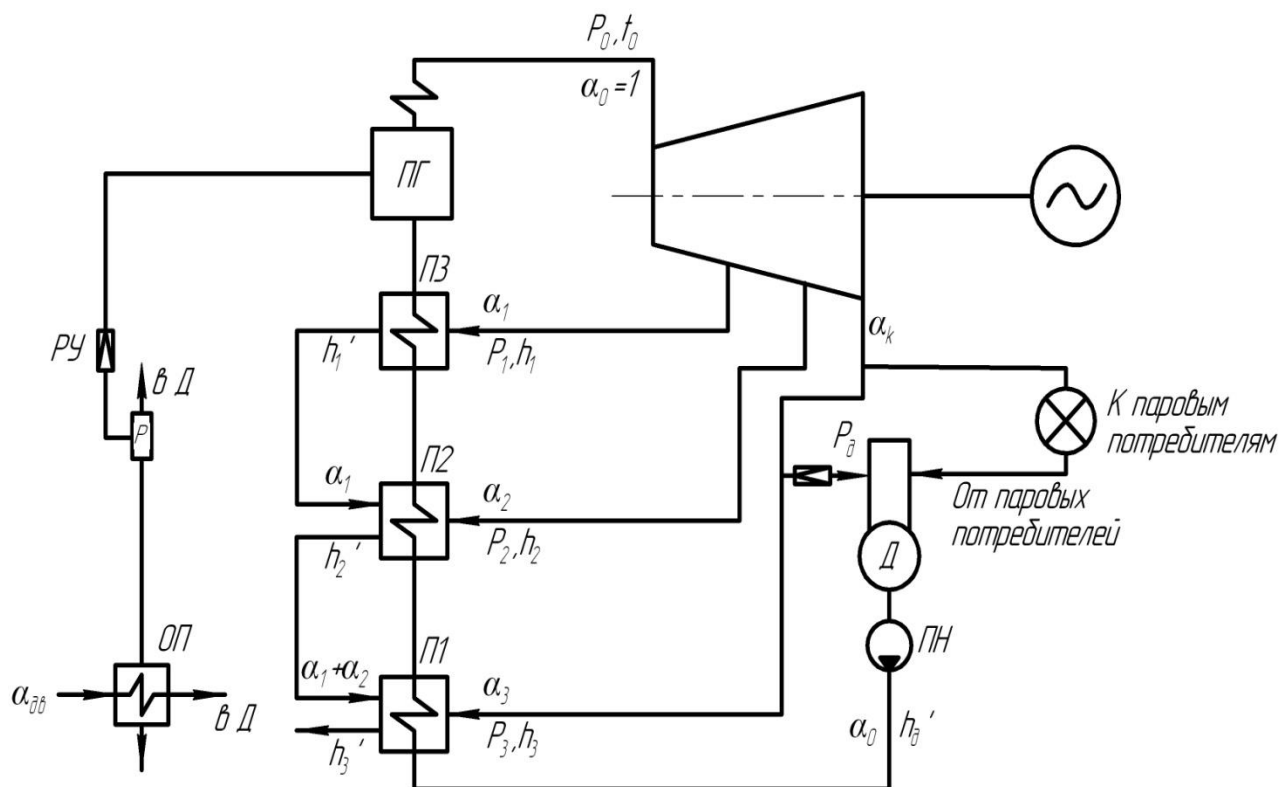


Рисунок 6 – Принципиальная схема исходной ПТУ

1.7.1 Исходные данные

Начальные параметры пара: давление

$$P_0 = 12,75 \text{ МПа}$$

температура

$$t_0 = 565 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Конечное давление

$$P_k = 1,3 \text{ МПа}$$

Давление в деаэраторе

$$P_d = 0,7 \text{ МПа}$$

Давление отборов:

I

$$P_1 = 3,8 \text{ МПа}$$

II

$$P_2 = 2,25 \text{ МПа}$$

III

$$P_3 = 1,3 \text{ МПа}$$

1.7.2 Энтальпия и энтропия пара перед стопорным клапаном турбины:

$$h_0 = f(P_0, t_0) = 3513 \text{ кДж/кг},$$

$$s_0 = f(P_0, t_0) = 6,6671 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}.$$

1.7.3 Теоретическая энтальпия первого отбора пара:

$$h_{1t} = f(P_1, s_0) = 3131,6 \text{ кДж/кг}.$$

1.7.4 Энтальпия кипящей воды слива дренажа ПЗ:

$$h'_1 = f(P_1) = 1072,8 \text{ кДж/кг}.$$

1.7.5 Теоретическая энтальпия второго отбора пара:

$$h_{2t} = f(P_2, s_0) = 2995,7 \text{ кДж/кг}.$$

1.7.6 Энтальпия кипящей воды слива дренажа П2:

$$h'_2 = f(P_2) = 936,3 \text{ кДж/кг}.$$

1.7.9 Энтальпия теоретического расширения пара на выходе из турбины:

$$h_{kt} = h_{3t} = f(P_k, s_0) = 2869,8 \text{ кДж/кг}.$$

1.7.10 Энтальпия кипящей воды слива дренажа П1:

$$h'_3 = f(P_k) = 814,8 \text{ кДж/кг}.$$

1.7.11 Энтальпия воды после деаэратора:

$$h'_d = f(P_d) = 697,1 \text{ кДж/кг}.$$

1.7.12 Температура насыщения при давлении в деаэраторе:

$$t'_d = f(P_d) = 165 ^\circ\text{C}.$$

1.7.13 Температура насыщения в подогревателях:

$$t_s^{n1} = f(P_3) = 191,6 ^\circ\text{C};$$

$$t_s^{n2} = f(P_2) = 218,4 ^\circ\text{C};$$

$$t_s^{n3} = f(P_1) = 247,3 ^\circ\text{C}.$$

1.7.14 Температура за подогревателями:

$$t_{n1} = t_s^{n1} - \theta = 191,6 - 4 = 187,6 ^\circ\text{C};$$

$$t_{n2} = t_s^{n2} - \theta = 218,4 - 4 = 214,4 ^\circ\text{C};$$

$$t_{n3} = t_s^{n3} - \theta = 247,3 - 4 = 243,3 ^\circ\text{C}.$$

1.7.15 Энтальпии нагреваемой среды после каждого подогревателя:

$$h_{n1} = f(P_0, t_{n1}) = 802,5 \text{ кДж/кг};$$

$$h_{n2} = f(P_0, t_{n2}) = 921,5 \text{ кДж/кг};$$

$$h_{n3} = h_{пв} = f(P_0, t_{n3}) = 1054,4 \text{ кДж/кг}.$$

1.7.16 Уравнение теплового баланса для регенеративного подогревателя

ПЗ:

$$\alpha_1 \cdot (h_{1t} - h'_1) = \alpha_0 \cdot (h_{пв} - h_{п2}),$$

выразим из этого уравнения неизвестное значение α_1 :

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0 \cdot (h_{пв} - h_{п2})}{(h_{1t} - h'_1)} = \frac{1 \cdot (1054,4 - 921,5)}{(3131,6 - 1072,8)} = 0,0645.$$

П2: 1.7.17 Уравнение теплового баланса для регенеративного подогревателя

$$\alpha_2 \cdot (h_{2t} - h'_2) + \alpha_1 \cdot (h'_1 - h'_2) = \alpha_0 \cdot (h_{п2} - h_{п1}),$$

выразим из этого уравнения неизвестное значение α_2 :

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \frac{\alpha_0 \cdot (h_{п2} - h_{п1}) - \alpha_1 \cdot (h'_1 - h'_2)}{(h_{2t} - h'_2)} = \\ &= \frac{1 \cdot (921,5 - 802,5) - 0,0645 \cdot (1072,8 - 936,3)}{(2995,7 - 936,3)} = 0,0535. \end{aligned}$$

П1: 1.7.18 Уравнение теплового баланса для регенеративного подогревателя

$$\alpha_3 \cdot (h_{3t} - h'_3) + (\alpha_2 + \alpha_1) \cdot (h'_2 - h'_3) = \alpha_0 \cdot (h_{п1} - h'_д),$$

выразим из этого уравнения неизвестное значение α_3 :

$$\begin{aligned} \alpha_3 &= \frac{\alpha_0 \cdot (h_{п1} - h'_д) - (\alpha_2 + \alpha_1) \cdot (h'_2 - h'_3)}{(h_{3t} - h'_3)} = \\ &= \frac{1 \cdot (802,5 - 697,1) - (0,0535 + 0,0645) \cdot (936,3 - 814,8)}{(2869,8 - 814,8)} = 0,0443. \end{aligned}$$

1.7.19 Относительный расход пара на выходе из турбины:

$$\alpha_k = \alpha_0 - \alpha_1 - \alpha_2 = 1 - 0,0645 - 0,0535 = 0,882.$$

1.7.20 Уравнение целевой функции – термического КПД:

$$\begin{aligned} \eta_t &= \frac{\alpha_k(h_0 - h_{kt}) + \alpha_1(h_0 - h_{1t}) + \alpha_2(h_0 - h_{2t})}{\alpha_0(h_0 - h_{пв})} = \\ &= \frac{0,822 \cdot (3513 - 2869,8) + 0,0645 \cdot (3513 - 3131,6) + 0,0535 \cdot (3513 - 2995,7)}{1 \cdot (3513 - 1054,4)} = \\ &= 0,252 \end{aligned}$$

2. Численный анализ решения задачи определения оптимального давления отбора

Произведем численный анализ влияния основного параметра – давления отработавшего пара P_k в диапазоне изменения $(0,7 \div 2)$ МПа, все остальные основные параметры принимают постоянные значения. Результаты математического моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Определение оптимального P_2 при изменении P_k

P_k	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4
η_t	0,297142	0,284238	0,277256	0,270686	0,26446	0,258528	0,252854	0,247409
P_2	2,938336	2,938445	2,938333	2,938336	2,93847	2,938437	2,938491	2,938487

1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
0,242169	0,237112	0,23221	0,227482	0,222882	0,218409
2,938437	2,938461	2,938446	2,938487	2,938487	2,938445

Анализируя полученные результаты математического моделирования, представленные в таблице 1, можно сделать следующий вывод - чем меньше значение P_k , тем выше значение термического КПД.

Динамика изменения КПД от давления отработавшего пара является достаточно прогнозируемой и это изменение представлено на рис.7.

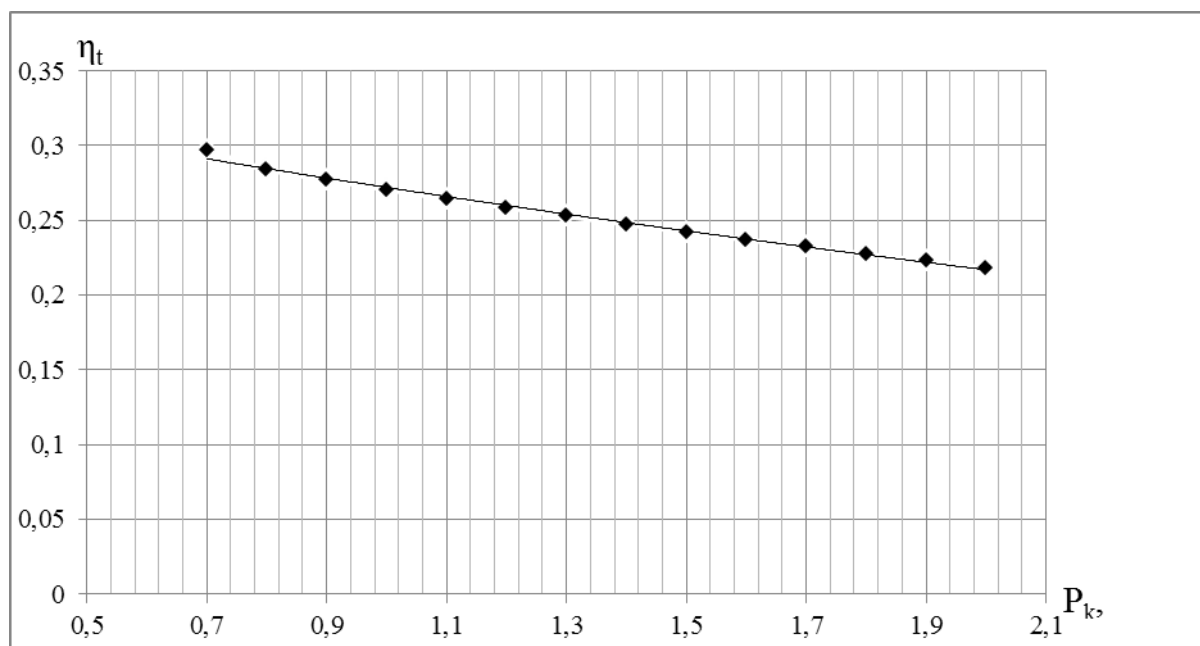


Рисунок 7 - График зависимости КПД от конечного давления

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 SWOT-анализ реализации эксперимента в рамках НИР

SWOT-анализ предназначен для выявления сильных, слабых сторон проекта, а также возможностей создаваемого проекта и его угроз. Анализ проводится в два этапа: на первом этапе описываются сильные и слабые стороны разрабатываемой технологии, выявляются возможности и угрозы при реализации проекта; на втором этапе анализа строятся интерактивные матрицы для оценки вариантов стратегического выбора.

Сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы реализации представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта (С): С1. Повышение КПД турбоустановки. С2. Удешевление конденсационной установки и системы водоснабжения. С3. Широкий выбор регенеративных подогревателей. С4. Широкий выбор дополнительного оборудования (насосы, арматура и т.д.) для регенеративной установки. С5. Высокоэффективные технологии регенеративных подогревателей.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта (Сл): Сл1. Повышение стоимости регенеративной установки. Сл2. Отсутствие достаточного опыта в данной сфере у специалистов.
Возможности (В): В1. Возможность уменьшения расхода топлива, при котором удешевляется система пылеприготовления, топливное и зольное хозяйства, газоочистные устройства. В2. Возможность зарубежного партнерства. В3. Применение данной	Угрозы (У): У1. Неблагоприятная экономическая ситуация в стране. У2. Низкое финансовое обеспечение технологии. У3. Отсутствие спроса на технологию.

Продолжение таблицы 3

технологии к другим типам турбин. В4. Появление спроса на технологию.	
--	--

После составления матрицы необходимо составить интерактивные матрицы, для выявления сильных и слабых сторон разработанной системы.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

«+» – сильное соответствие;

«-» – слабое соответствие.

Таблица 4 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны проекта					
		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	-	-	-	+
	В2	-	-	+	-	-
	В3	-	-	-	-	-
	В4	+	+	-	-	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1		Сл2		
	В1	-		+		
	В2	+		-		
	В3	-		-		
	В4	-		-		

Таблица 5 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта					
		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	+	-	-
	У2	-	-	+	-	+
	У3	-	-	-	-	-
	Слабые стороны проекта					
		Сл1		Сл2		
	У1	+		-		
	У2	+		-		
	У3	-		-		

По интерактивным матрицам, представленных в таблицах 4 и 5, видно, что наиболее всего сильные стороны коррелируют с возможностью уменьшения расхода топлива и возможным появлением спроса на разработанную технологию у других предприятий. Наиболее часто коррелирующие слабые стороны и возможности не были выявлены.

Полученные результаты анализа заносятся в таблицу 6, для наглядной демонстрации возможных корреляционных вариантов.

Таблица 6 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта (С): С1. Повышение КПД турбоустановки. С2. Удешевление конденсационной установки и системы водоснабжения. С3. Широкий выбор регенеративных подогревателей. С4. Широкий выбор дополнительного оборудования (насосы, арматура и т.д.) для регенеративной установки. С5. Высокоэффективные технологии регенеративных подогревателей.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта (Сл): Сл1. Повышение стоимости регенеративной установки. Сл2. Отсутствие достаточного опыта в данной сфере у специалистов.
Возможности (В): В1. Возможность уменьшения расхода топлива, при котором удешевляется система пылеприготовления, топливное и зольное хозяйства, газоочистные устройства. В2. Возможность зарубежного партнерства. В3. Применение данной технологии к другим типам турбин. В4. Появление спроса на технологию.	В1 - С1, С5 В2 – С3 В4 – С1, С2, С5	В1- Сл2 В2- Сл1

Продолжение таблицы 6

Угрозы (У): У1. Неблагоприятная экономическая ситуация в стране.	У1 - С3	У1 – Сл1
У2. Низкое финансовое обеспечение технологии.	У2 - С3, С5	У2 – Сл1
У3. Отсутствие спроса на технологию.		

SWOT-анализ показал, что одним из важных направлений в развитии данной технологии являются мероприятия по повышению заинтересованности, а вследствие и спроса на технологию у потенциальных заказчиков. А главными препятствиями для развития технологии является низкое финансовое обеспечение технологии.

Полученный анализ позволяет сказать о том, что данное направление перспективное, так как имеет много сильных сторон.

3.2 Экспертная оценка эффективности применения видов ПВД

В данном исследовании есть возможность применения двух различных типов регенеративных подогревателей: смешивающего и поверхностного. Для оценки наиболее подходящего типа подогревателя использован метод экспертного оценивания.

Для каждого типа подогревателей в столбцах с характеристиками необходимо поставить оценку от 1 до 10, показывающую степень совершенства подогревателя относительно данной характеристики.

b_i – важность критерия – в этой строке необходимо было поставить цифру от 1 до 5.

W_i – весовой коэффициент – в этой строке рассчитывается весовой коэффициент каждого фактора конкурентоспособности как отношение важности критерия к сумме важностей всех факторов $\frac{b_i}{b_{\Sigma}}$.

Далее необходимо умножить полученные весовые коэффициенты на оценку эксперта (от 1 до 10) и сумма полученных значений даст итоговую оценку эксперта по каждому поставщику.

Модель экспертной оценки строится по следующим параметрам:

1. Эффективность применения. Эффективность подогревателей характеризуется коэффициентом полезного действия, поэтому высший балл получает подогреватель с наибольшим КПД.

2. Надежность. Под данным критерием подразумевается стабильная работа подогревателя на протяжении длительного срока.

3. Экономичность. Влияние на экономичность регенеративного подогрева того или иного типа подогревателей, при учете дополнительного оборудования.

4. Возможность работы при высоком давлении.

5. Простота конструкции. Простота конструкции обеспечивает более простую эксплуатацию и ремонт.

Экспертная оценка была проведена двумя экспертами: Полонянкин А.Г. и Осипов В.И.

Таблица 7 – Экспертная оценка студента Полонянкина А.Г.

	Эффективнос ть	Надежнос ть	Экономи чность	Возмож ность работы при высоко м давлени и	Простота контрукци и	Сумма
Поверхностные	9/2,043	7/1,589	7/1,274	9/2,043	6/0,816	7,765
Смешивающие	10/2,27	8/1,816	5/0,91	6/1,362	8/1,088	7,446
Важность (b_i) [1-5]	5	5	4	5	3	
Вес (W_i)	0,227	0,227	0,182	0,227	0,136	-

Таблица 8 – Экспертная оценка студента Осипова В.И.

	Эффективнос ть	Надежнос ть	Экономи чность	Возмож ность работы при высоко м давлени и	Простота контрукци и	Сумма
Поверхностные	8/2,104	8/1,688	6/1,266	8/1,688	5/0,525	7,271
Смешивающие	9/2,367	9/1,899	4/0,844	5/1,055	8/0,84	7,005
Важность (b _i) [1-5]	5	4	4	4	2	
Вес (W _i)	0,263	0,211	0,211	0,211	0,105	-

Таблица 9 - Итоговая экспертная оценка

	Полонянкин А.Г.	Осипов В.И.	Средний балл
Поверхностные	7,765	7,271	7,518
Смешивающие	7,446	7,005	7,226

По результатам экспертной оценки следует сделать вывод, что наиболее универсальным и экономичным типом регенеративного подогревателя является поверхностный.

3.3 Календарный план проведения НИР

Календарный план отражает перечень необходимых работ для проведения исследования, а также количество исполнителей работ и длительность каждой работы.

Таблица 10 – Календарный план

№	Наименование работы	Длительность t, дни	Количество исполнителей
А	Тема	3	2
Б	Техническое задание	2	2
В	План работы	1	2
Г	Литература	7	2
Основная часть работы			
Д	Теоретическая часть	6	1
Е	Математическая постановка задачи	5	1
Ж	Решение системы уравнений теплового и материального балансов	3	1
З	Методы решения	3	1
И	Написание программы для нахождения оптимального значения давления	4	1
Экономическая часть			
К	SWOT-анализ	1	1
Л	Экспертная оценка	1	1
М	Календарный план	2	1
Н	Расчет стоимости	3	1
О	Показатели ресурсоэффективности	3	1
БЖД			
П	Анализ снижения выбросов в окружающую среду	2	1
Р	Методы снижения выбросов	2	1
С	Оформление	5	1

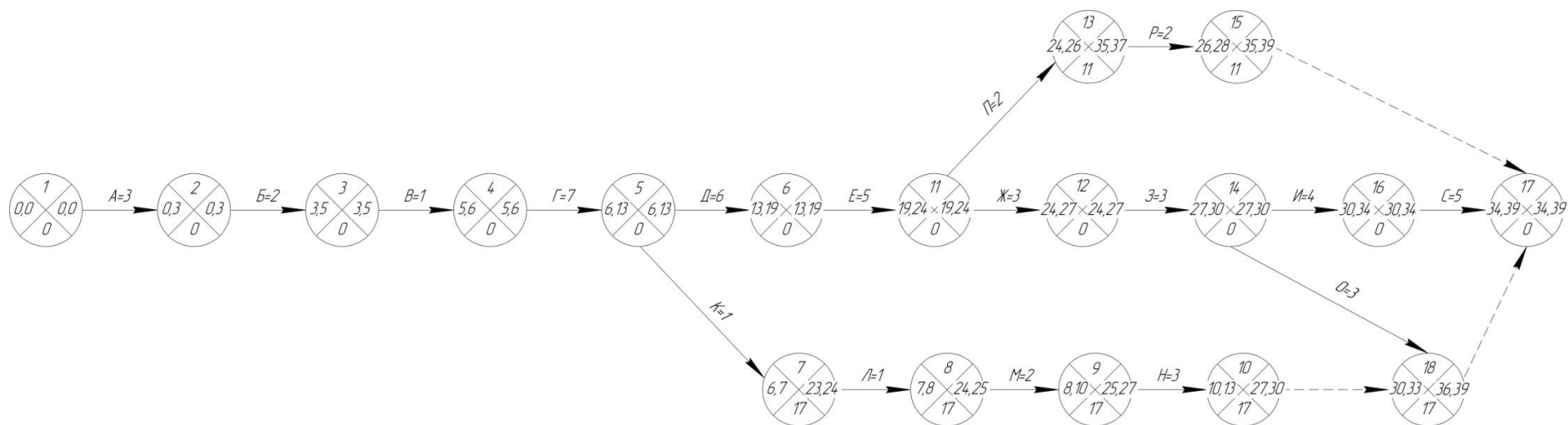


Рисунок 8 – Сетевой график проведения НИР

3.4 Составление сметы ВКР

При планировании сметы научно-технической разработки должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В данном случае смета проекта отражает издержки на выполнение научно-исследовательской работы. Затраты на выполнение работы представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Материальные затраты

Работа		Единица измерения	Объем	Цена, руб/ед.изм.	Итого, руб
Распечатка		шт.	60	2	120
Канц. товары		-	-	-	60
Электроэнергия	компьютер	кВт·ч	58,5	2,05	341
	освещение		108	2,05	
З/П руководителя		-	-	-	6600
Отчисления в социальные фонды		-	-	-	1980
Итого		-	-	-	9101

Количество потребленной электроэнергии складывается из двух составляющих:

- 1) электроэнергия затраченная компьютером;
- 2) электроэнергия затраченная на освещение.

Время, проведенное за компьютером, составляет примерно 900 часов, мощность компьютера составляет 65 Вт, тогда затраченная компьютером электроэнергия составит:

$$\mathcal{E}_k = N_k \cdot t = 65 \cdot 900 = 58500 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 58,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где N_k - мощность компьютера (Вт);

t – время проведенное за компьютером (ч).

Во время работы компьютера требуется освещение, для освещения использовались три лампы накаливания мощностью по 40 Вт каждая. Время

работы освещения принимаем равным времени работы за компьютером.

Затраченная на освещения электроэнергия составит:

$$\mathcal{E}_л = 3 \cdot N_л \cdot t = 3 \cdot 40 \cdot 900 = 108000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 108 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Общие затраты на электроэнергию составят:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_к + \mathcal{E}_л = 58,5 + 108 = 166,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Норма времени на руководство ВКР бакалавра составляет 22 часа, тариф на почасовую оплату составляет 300 р./час для доцента. Поэтому расходы на оплату труда составят

$$C_{з.п.} = 22 \cdot 300 = 6600 \text{ руб.}$$

Отчисление в социальные фонды

$$C_{с.н.} = 6600 \cdot 0,3 = 1980 \text{ руб}$$

Вывод: составление сметы показало, что суммарные затраты на проведение научно-исследовательской работы составляет 11960 руб.

В данном курсовом проекте были проведены анализы, по результатам которых можно оценивать эффективность рассматриваемой работы, а именно: SWOT-анализ, экспертная оценка, календарный план, составление сметы и оценка ресурсоэффективности.

По результатам проведенных анализов можно заключить о том, что данная технология является перспективной и существует достаточно высокая необходимость для того, чтобы развивать данное направление.

4. Социальная ответственность

При организации современного производства актуален ряд так называемых социальных вопросов, таких как обеспечение безопасных условий труда, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях и т.д. Данная глава посвящена разработке именно социальных вопросов.

Охрана труда является социальным вопросом и представляет собой ряд мероприятий, направленных на сохранение жизни и здоровья работающих, обеспечение безопасных и безвредных условий работы.

Охрану труда принято подразделять на 3 вида:

1. Техническую (Техника Безопасности);
2. Правовую (Трудовое законодательство);
3. Санитарно-гигиеническую (Производственная санитария);

Основой трудового законодательства является трудовой кодекс (ТК). Техника безопасности уменьшает возможные опасные производства, устанавливает методы и разрабатывает средства для устранения причин несчастных случаев на производстве. Это делается на основе исследования производственных процессов и способов производства. При выполнении дипломной работы большую часть времени приходилось проводить в компьютерном классе или за домашним компьютером, выполняя расчёты и набирать дипломную работу. Поэтому, в этом разделе рассмотрены вопросы, связанные с охраной труда и техникой безопасности людей работающих в компьютерной лаборатории, а именно в 32 аудитории 4 корпуса ТПУ.

По степени воздействия на организм человека отрицательные внешние факторы можно разделить на опасности и вредности. При работе в помещениях, в которых находятся вычислительная техника могут встречаться такие опасности: поражение электрическим током и возникновение пожара. Вредные факторы, которые рассматриваются в данной лаборатории: запылённость, шум, электромагнитное излучение,

освещение, микроклимат.

4.1 Производственная безопасность

4.1.1. Освещение

Применение рациональных осветительных приборов имеет большое значение для повышенной производительности и надежности. В соответствии задач зрительной работы помещение соответствует 1 группе, т. е. помещения, в которых производится активная зрительная деятельность по различению объектов при постоянном направлении линии зрения.

Существует естественное и искусственное освещение. Естественное - обуславливается световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным светом неба. Величина такого освещения изменяется как в течение года, так и в течение суток. Изменения в течение суток зависят от географических координат, расположения других зданий, месторасположения объекта, времени суток, прозрачности воздуха, облачности и других характеристик окружающей среды.

Т.к. непостоянство естественного освещения во времени не позволяет устанавливать норму освещённости в люксах, то для этих целей принята специальная единица измерения, выраженная в процентах и называемая коэффициентом естественной освещённости (КЕО). Эта величина не зависит от времени суток и других факторов и равна 0,5%.

4.1.2. Расчёт искусственного освещения

Выбор источников света

Основным источником света являются газоразрядные (люминесцентные) лампы. Типом с высокой экономичностью являются лампы ЛБ. Основные характеристики люминесцентных ламп:

Мощность, Вт - 40;

Напряжение в сети, В - 220;

Напряжение на лампе, В - 108;

Ток лампы, А - 0,41;

Световой поток, лм - 2480.

Выбор осветительной системы

Искусственное освещение обычно проектируют двух систем: общее (равномерное) и комбинированное (к общему добавляется местное).

Выбор осветительных приборов

Основным показателем, определяющим выбор светильника, следует считать:

- а) Конструктивное исполнение светильника с учётом условий среды;
- б) Светораспределение;
- в) Экологичность светильника.

Для люминесцентных ламп выбираем открытые двухламповые светильники типа ОД - 2 - 40. Их характеристики:

Количество и мощность ламп - 2×40 ;

Область применения - освещение производственных помещений с нормальными условиями среды;

Размеры: длина - 1230 мм; ширина - 266 мм; высота - 198 мм; КПД - 75%.

Характеристика объекта: Помещение с малым выделением пыли.

Коэффициент запаса: При люминесцентных лампах - 1,5.

Размещение осветительных приборов

Расстояние от стен помещения до крайних светильников может рекомендоваться равным $\alpha/3$.

α - расстояние между светильниками.

Таким образом, необходимо изобразить в масштабе в соответствии с исходными данными плана помещения, указать расположение светильников и определить их число.

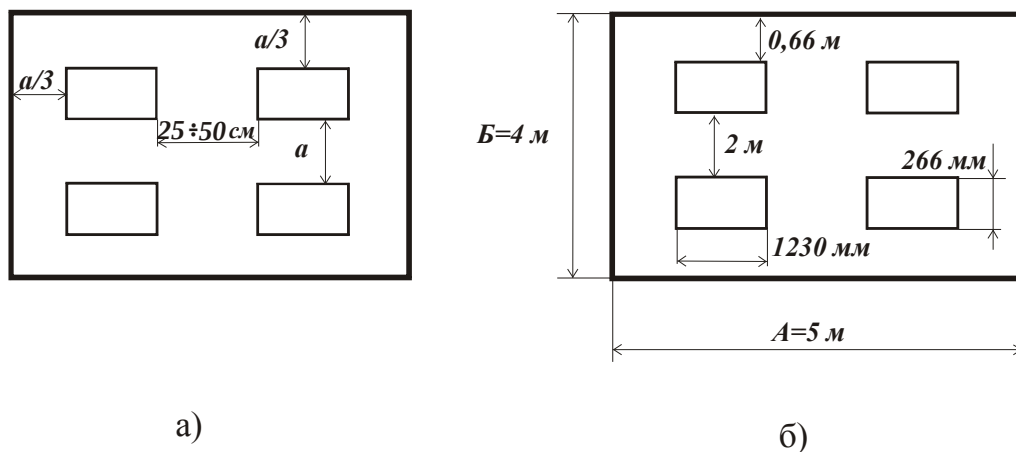


Рисунок 9 - Принципиальные схемы размещения светильников общего освещения в каб. 32:

а) стандартное; б) реальное

Расчёт осветительной установки

Метод коэффициента использования светового потока. Этот метод применяется только при расчете равномерного освещения. Величина светового потока лампы определяется по формуле:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta},$$

где F - световой поток каждой из ламп, лм;

E - минимальная освещённость, лк;

K - коэффициент запаса;

S - площадь помещения, м²;

n - число ламп в помещении;

η - коэффициент использования светового потока.

Для определения η по таблице необходимо знать индекс помещения i , значение коэффициента отражения стен (в нашем случае $\rho_{\text{ст}} = 70\%$, $\rho_{\text{ст}} = 50\%$), и тип светильника. Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)},$$

где h - высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м

($h = 3,5$ м);

A и B - стороны помещения, м ($A = 5$ м, $B = 4$ м),

$$i = \frac{20}{3,5 \cdot (5 + 4)} = 0,63.$$

Следовательно, примем $\eta = 0,39$.

Z - коэффициент неравномерностей и освещения. Введём Z в формулу светового потока, т. к. освещённость, подсчитанная без этого коэффициента, является не минимальной, как требуют нормы, а средней. Введём Z , и несоответствие устраняется: $Z = 0,9$,

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 20 \cdot 0,9}{8 \cdot 0,39} = 2596,1.$$

Реальная величина светового потока лампы 3200 лм. Допускается запас от - 10% и до + 20%.

$$\delta = \frac{3200 - 2596,1}{3200} \cdot 100\% = 18,9\%.$$

Для данного помещения рекомендуется 4 светильника типа ОД по 2 лампы в каждом.

4.1.3. Обеспечение микроклимата помещений

Микроклимат помещений для лёгкой категории работ включает определённую температуру и влажность. Нормы метеорологических условий учитывают время года и характер производственного помещения. В таблице приведены нормы метеоусловий для категории работ по тяжести Ia согласно СНиП 2.2.4.548-96

Таблица 12 - Нормы метеоусловий

Холодный и переходный период года $t_{\text{возд}}^{\text{нар}}$ ниже +10 °С						Тёплый период года $t_{\text{возд}}^{\text{нар}}$ +10 °С					
Оптимальные			Допустимые			Оптимальные			Допустимые		
Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
22 – 24	40 – 60	Не более 0,1	20,0 - 25,0	Не более 70	Не более 0,2	23 – 25	40 – 60	Не более 0,2	21,0 - 28,0	Не более 55	Не более 0,5

Рассматривая вопросы охраны труда людей, работающих в лаборатории, нельзя обойтись без рассмотрения вопроса вентиляции помещения. Вентиляция предназначена для создания на рабочем месте нормальных метеорологических и гигиенических условий за счёт организации правильного воздухообмена.

Проанализировав имеющуюся в помещении вентиляцию можно сказать, что:

1. По способу перемещения воздуха она является естественной и неорганизованной.

2. По назначению она осуществляет удаление (вытяжку) воздуха из помещения.

3. По месту действия она является обще объемной.

Количество приточного воздуха при естественном проветривании должно быть не менее $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одного человека, при объёме помещения приходящегося на него менее 20 м^3 . В исследуемом помещении имеется 15 рабочих мест, а объём помещения равен 70 м^3 , следовательно, на одного работающего приходится $\sim 4,99 \text{ м}^3$, что не обеспечивает выполнение санитарных норм. А т. к. они не выполняются, следует либо применить другой тип вентиляции, например, принудительную, либо необходимо устанавливать кондиционеры. Допустимые нормы по запылённости должны соответствовать санитарным нормам для ПДК веществ 4-ого класса опасности, и поддерживаются созданием соответствующих устройств вентиляции и влажной ежедневной двухразовой уборкой пола в помещении.

4.1.4. Обеспечение санитарных норм по уровню шумов

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов - электродвигатели в системе охлаждения и вентиляции машин. Допустимый уровень шумов для помещений компьютерных залов 50 дБ по шкале А шумомера. Защита от шумов - заключение вентиляторов в защитный кожух и внутрь корпуса ЭВМ.

4.1.5. Электробезопасность. Мероприятия по устранению опасностей и вредностей

Степень защиты оболочек данного оборудования должна соответствовать правилам для электрооборудования напряжением до 1000 В, т. е. - это степень защиты 2. Которая определяет её как защиту от возможности соприкосновения кисти руки с токоведущими частями, защиту оборудования от попадания посторонних твёрдых тел среднего размера не менее 12,5 мм в диаметре, а также защиту от капель сконденсировавшейся воды. В изделии применяются гибкие и жёсткие токопроводы, в зависимости от назначения и используются распределительные и осветительные, в зависимости от защитных свойств оболочки токопроводы до 1000 В исполнения 1P21.

В целях безопасности в некоторых случаях применяется защитное отключение. В помещении имеется рубильник, с помощью которого в случае необходимости можно произвести полное обесточивание всех ЭВМ. Основные меры защиты человека от поражения электрическим током:

1. Обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением;
2. Контроль за состоянием изоляции электроустановок;
3. Защитное состояние сети;
4. Устранение причин появления напряжения на корпусе с помощью защитного заземления, защитного отключения;
5. Организация безопасной эксплуатации электроустановок.

4.1.6. Анализ пожарной опасности и разработка противопожарных мероприятий

Здание 4-го корпуса ТПУ относится к группе негорючих помещений. Согласно нормам первичных средств пожаротушения с учётом наличия электроустановок напряжением до 1000 В, на 100 м² должны быть: один углекислотный огнетушитель типа ОУ-2, ОУ-5 или ОУ-8.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Курить только в отведённых для курения местах.
2. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами и вызвать по телефону "01" пожарную команду.
3. Сотрудники лаборатории должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной клетки.

Вторая группа причин:

1. Короткие замыкания. Токи К. З. достигают больших величин и сопровождаются динамическим и тепловым воздействием.
2. Увеличение переходного сопротивления в местах соединения ответвлений, контактов, что вызывает местный нагрев, перегрев, воспламенение изоляции.
3. Неисправность электроустановок и электросетей, а также неправильное устройство электросетей и электрооборудования.
4. Отсутствие мер по снижению или нейтрализации электрических зарядов.

4.2 Экологическая безопасность

Проблема защиты окружающей среды – одна из важнейших задач современности. В последние годы во всем мире все с большей силой поднимается вопрос об охране окружающей среды.

Защита окружающей среды — это комплексная проблема, требующая усилий всего человечества. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам.

Экологическая ответственность является неотъемлемым условием выживания и процветания человечества, поэтому она является самым важным аспектом в социальной ответственности. Инженер должен

пропагандировать экологическое образование, а также должен развивать навыки по решению экологических проблем и нести экологическую ответственность за результаты своей деятельности.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Техногенная чрезвычайная ситуация – это состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно инструкции по охране труда при работе с электрооборудованием к работе допускаются:

- лица, достигшие 18-летнего возраста;
- имеющие профессиональную подготовку, соответствующую характеру работ, или прошедшие специальное обучение;
- прошедшие медицинское освидетельствование;
- прошедшие обучение безопасным методам работы, знающие нормативные документы по ТБ;
- прошедшие инструктаж на рабочем месте;
- умеющие оказывать первую помощь (доврачебную) пострадавшим.

Рабочую зону следует компоновать из следующих соображений: свободный доступ к оборудованию, аптечке и огнетушителю, свободный путь для эвакуации, доступ к осмотру оборудования, соответствие санитарным нормам для трудовой деятельности оператора.

Заключение

Задача одномерной оптимизации решалась при заданных значениях основных параметров, таких как начальное давление пара P_0 , начальная температура пара t_0 , давление отработавшего пара P_k , давление в деаэраторе P_d , давление в отборах P_1, P_3, P_4 . Также было рассмотрено влияние давления отработавшего пара P_k на термический КПД.

Для определения оптимального значения давления отбора была составлена программа на языке Delphi. Оптимальное значение давления отбора составило $P_2 = 2,9385$ МПа. Значение термического КПД при данном давлении отбора равно 25,29%. Прирост термического КПД составляет 0,09% относительно исходной ПТУ.

При рассмотрении влияния давления отработавшего пара P_k на термический КПД была получена прогнозируемая зависимость - чем меньше значение P_k , тем выше значение термического КПД. Исходя из этого, при модернизации турбины так же целесообразно понизить давление отработавшего пара. Понижение P_k до значения 0,7 МПа может обеспечить прирост термического КПД в 4,5% относительно исходной ПТУ. Данное понижение P_k возможно обеспечить установкой конденсационной турбины небольшой мощностью за основной турбиной.

Список используемых источников

1. Ромашова О. Ю. Методы оптимизации и расчеты на ЭВМ технико-экономических задач: учебное пособие. – Томск : Изд-во ТПУ, 2009.
2. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. М.: Энергия, 1976.
3. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тепловые и атомные электрические станции. М.: энергоатомиздат, 1995.
4. Тепловые и атомные электростанции: Справочник/ Под общ. Ред. В.А.Григорьева В.М. Зорина. М.: Энергоиздат, 1982.
5. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тепловые и атомные электрические станции. М.: энергоатомиздат, 1995.
6. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие» // Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
7. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
8. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
9. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
10. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

Приложение А

Текст программы расчета рассматриваемой задачи

```
program VKR;
uses   tabl1, crt;
const  P0=12.75; t0=565; Pk=1.3; Pd=0.7; P1=3.8; P3=2.25;
       a0=1.0; M=10; N=9;                ep=1.e-6;

VAR    P2:real;                           {davlenie}
       kpd,kpd_1:real;
       R,a,b,d,x,x1,x2,f1,f2:real;

       i,k:integer;
       xk,xk_1:Array[1..N] of real;
       e,z,zmax,h:real;
       txt:text;
PROCEDURE kpd_p2(P2:real;var kpd:real);
VAR
H0,H1T,H2T,H3T,HkT,HkI,H1I,H2I,H3I,H4I,HdI,HP1,HP2,HP3,HP4:real; {ental
piya}
       TSP1,TSP2,TSP3,TSP4,TdI,TP1,TP2,TP3,TP4:real;
{temperatura}
       S0:real;                           {entropia}
       a1,a2,a3,a4,ak:real;                {rasxod}
begin

{1}  H0:=H_PT(P0,t0);
     S0:=S_PT(P0,t0);
{   writeln(' H0=',H0:6:3);
    writeln(' S0=',S0:6:3);readln;}
```

```

{2} H1T:=H_PS(P1,S0);
{   writeln(' H1t=',H1T:6:3);readln;}

{3} H2T:=H_PS(P2,S0);
{   writeln(' H2t=',H2T:6:3);readln;}

{4} H3T:=H_PS(P3,S0);
{   writeln(' H2t=',H2:6:3);readln;}

{5} HkT:=H_PS(Pk,S0);
{   writeln(' Hkt=',Hk:6:3);readln;}

{6} HkI:=HSW_P(Pk);
{   writeln(' HkI=',HkI:6:3);readln;}

{7} H1I:=HSW_P(P1); H2I:=HSW_P(P2); H3I:=HSW_P(P3);
{   writeln(' H1I=',H1I:6:3,' H2I=',H2I:6:3,' H3I=',H3I:6:3;readln;}

{8} HdI:=HSW_P(Pd); TdI:=TSP(Pd);
{   writeln(' HdI=',HdI:6:3,' TdI=',TdI:6:3;readln;}

{9} TSP1:=TSP(Pk); TSP2:=TSP(P3); TSP3:=TSP(P2); TSP4:=TSP(P1);
{   writeln(' TSP1=',TSP1:6:3,' TSP2=',TSP2:6:3,' TSP3=',TSP3:6:3,'
TSP3=',TSP3:6:3;readln;}

{10} TP1:=TSP1-4; TP2:=TSP2-4; TP3:=TSP3-4; TP4:=TSP4-4;
{   writeln(' TP1=',TP1:6:3,' TP2=',TP2:6:3,' TSP3=',TSP3:6:3,'
TSP4=',TSP4:6:3;readln;}

```

```

{11}  HP1:=H_PT(P0,TP1); HP2:=H_PT(P0,TP2); HP3:=H_PT(P0,TP3);
HP4:=H_PT(P0,TP4);
{      writeln('  HP1=',HP1:6:3,'  HP2=',HP2:6:3,'  HP3=',HP3:6:3,'
HP4=',HP4:6:3;readln;}

```

```

{RASCHET MASSOVOGO BALANSA}
{METOD PROSTOI ITECII}
{NACHALNOE PRIBLIZHENIE}

```

```

a1 :=a0*(HP4-HP3)/(H1T-H1I);
a2 :=(a0*(HP3-HP2)-a1*(H1I-H2I))/(H2T-H2I);
a3 :=(a0*(HP2-HP1)-(a2+a1)*(H2I-H3I))/(H3T-H3I);
a4 :=(a0*(HP1-HdI)-(a3+a2+a1)*(H3I-H4I))/(HkT-H4I);
ak :=a0-a1-a2-a3;
{  writeln('a1=', a1:6:4);
  writeln('a2=', a2:6:4);
  writeln('a3=', a3:6:4);
  writeln('a4=',a4:6:4);
  writeln('ak=',ak:6:4);readkey;
  writeln;}

```

```

kpd:=ak*(H0-HkT);
kpd:=kpd+a1*(H0-H1T);
kpd:=kpd+a2*(H0-H2T);
kpd:=kpd+a3*(H0-H3T);
kpd:=kpd/a0/(H0-HP4);

```

```

End;{PROCEDURE}

```

```

BEGIN CLRSCR;

```

{RASCHET TEPLOVOGO BALANSA}

{zadanie nachalnogo znacheniya P2}

{0} P2:=1./2.*(P1+P3);

writeln(' P0=',P0:6:2,' P2=',P2:6:3,' Pk=',Pk:4:1);readln;

kpd_p2(P2,kpd);writeln('bazoviy KPD=',KPD:6:6);

kpd_1:=kpd;

{zadanie nachalnogo znacheniya P2}

{0} d:=ep;

a:=P3; b:=P1;

R:=1.0;

WHILE R>ep do BEGIN

 x1:=(a+b-d)/2.0; x2:=(a+b+d)/2.0;

 KPD_P2(x1,f1); KPD_P2(x2,f2);

{DIXOTOMI}

 if f1>=f2 then

 b:=x2

 else

 a:=x1;

 R:=(b-a)/2.0;

```
END;

x:=(a+b)/2.0; KPD_P2(x,R);
writeln;
writeln(' P2*=',x:8:6,' KPD=',R:8:6);
P2:=x;
writeln('ITERATION COMPLETE!');readkey;
end.
```